



PRODUÇÃO DE AÇÚCAR NO BRASIL: ESTIMATIVAS DE UM MODELO ECONOMETRICO PARA MUDANÇAS INSTITUCIONAIS

FERRAZ, Diogo¹; ASSUMPÇÃO, Maria Rita Pontes²; OLIVEIRA, Fabíola Cristina Ribeiro de³

¹ Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Metodista de Piracicaba, diogo.economia2@gmail.com

² Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Metodista de Piracicaba, mrpontes@unimep.br

² Faculdade de Gestão e Negócios, Universidade Metodista de Piracicaba, fbcoliveira@hotmail.com

Resumo: *O objetivo deste artigo é analisar como mudanças institucionais afetaram a curva de produção do açúcar no Brasil. Estas mudanças são pontuadas por três eventos. A inovação no açúcar tornou o produto mais adequado ao manuseio e transporte. A desregulamentação setorial que muda os mecanismos de governança das relações entre as empresas nas suas trocas no mercado de açúcar. E a queda de subsídios à produção europeia, que motiva a produção nacional. As mudanças provocadas por estes eventos são submetidas à análise estatística (teste de hipótese e regressão linear). Foram testadas quatro hipóteses sobre alterações na curva de produção do açúcar no Brasil. O Teste de Hipóteses foi utilizado para comprovar a significância estatística da análise de crescimento da produção brasileira de açúcar diante destes eventos. Verifica-se que a média de produção do açúcar foi alterada após as mudanças institucionais. O modelo econométrico mostrou que a inclinação da curva de produção do açúcar se alterou após cada evento, embora o desenvolvimento do açúcar VHP e a desregulamentação do setor tenham impactado mais a produção do que a queda dos subsídios na Europa.*

Palavras-chave: Açúcar, Setor Sucroalcooleiro, Teste de Hipóteses, Econometria.

BRAZIL SUGAR PRODUCTION: ESTIMATES OF AN ECONOMETRIC MODEL FOR INSTITUTIONAL CHANGES

Abstract: *The purpose of this article is to analyze how institutional changes affected the sugar production curve in Brazil. These changes are punctuated by three events. Innovation in sugar became the most suitable product to handling and transport. The sector deregulation that changes the governance mechanisms of the relationship between the companies in their trade in the sugar market. And the drop in subsidies to European production, which encourages domestic production. The changes brought about by these events are subjected to statistical analysis (hypothesis testing and linear regression). Four hypotheses were tested on changes in sugar production curve in Brazil. The Hypothesis test was used to test the statistical significance growth analysis of the Brazilian sugar production before these events. It is noted that the average sugar production was changed after the institutional changes. The econometric model showed that the slope of the sugar production curve changed after each event, although the development of VHP sugar and the deregulation of the sector have impacted more production than the decline in subsidies in Europe.*

Keywords: Sugar, Sugar and Ethanol Industry, Hypothesis Testing, Econometrics.

1. Introdução

A desregulamentação do setor sucroalcooleiro e a abertura do mercado mudaram as regras de concorrência na economia brasileira na década de 1990. No Estado de São Paulo, existiam 132 usinas de açúcar antes da desregulamentação. Atualmente, observa-se um menor número de grupos empresariais que concentraram suas atividades de produção de cana-de-açúcar, açúcar e álcool.

Apesar do menor número de empresas no setor, observa-se um crescimento na produção do açúcar, o que reflete na importância do setor para a economia brasileira. O agribusiness representou, em 2015, 22,3% do Produto Interno Bruto – PIB do país (UNICA, 2016). Neste cenário, destaca-se a participação do complexo sucroalcooleiro, que representa cerca de 8% do PIB agrícola brasileiro e 35% do PIB paulista (UNICA, 2016).

O objetivo deste artigo é identificar se mudanças institucionais afetaram produção do açúcar no Brasil desde a década de 1980, além de comprovar que houve mudança na inclinação da curva de produção após cada mudança institucional.

O Brasil é o maior produtor e exportador de açúcar do mundo desde a década de 1990. Em 2015, o país exportou mais de 24 milhões de toneladas do produto (SECEX, 2016), sendo que 90% do açúcar foi produzido pela maior região produtora do Brasil, o Centro-Sul. Nesta região, destaca-se o Estado de São Paulo, responsável por 61,6% do total produzido no território nacional.

Entre 1980 até 2015, o setor sucroalcooleiro enfrentou mudanças no ambiente externo: inovação no açúcar e alterações na regulação das trocas nos mercados nacional e internacional. A análise deste período faz uma reflexão de como estas mudanças afetaram a curva de produção do açúcar.

2. O mercado do açúcar no Brasil e no mundo

Segundo dados da United States Department of Agriculture - USDA (2016), os maiores produtores mundiais de açúcar em 2015 foram: Brasil (20,5%), Índia (17,3%), União Europeia (9,6%), China (6,3%) e Tailândia (6,2%). Estados Unidos e Austrália também são importantes produtores de açúcar e correspondem juntos a 7,2% do mercado mundial.

A Índia apresenta crescimento constante no consumo e oscilações na produção de açúcar. O aumento populacional e o desenvolvimento econômico indiano explicam o crescimento do consumo de açúcar (USDA, 2016). Neves e Conejero (2010) apontam para problemas estruturais no país, como a falta de terras agricultáveis, usinas ineficientes e forte regulamentação estatal para o crescimento da produção de açúcar na Índia.

Os 27 países membros da União Europeia produziram juntos 16,7 milhões de toneladas em 2015, embora a produção venha apresentando declínio nos últimos anos (USDA, 2016). Segundo Costa e Burnsquist (2006) a redução da produção europeia resulta do fim dos subsídios à produção e à exportação, após decisão da Organização Mundial do Comércio – OMC.

A China, maior importadora do açúcar brasileiro, apresentou queda na produção de açúcar nos últimos anos, o que alavanca as exportações do Brasil, Tailândia e Austrália. O aumento do consumo chinês pode ser explicado pelo desenvolvimento da economia, que tem crescido sustentadamente nas últimas décadas, além do processo de urbanização, o que influencia o consumo de alimentos processados.

A Tailândia produziu 10,8 milhões de toneladas de açúcar na safra 2014/2015 (USDA, 2016). O baixo e constante consumo de açúcar, além das boas condições climáticas de cultivo da cana,

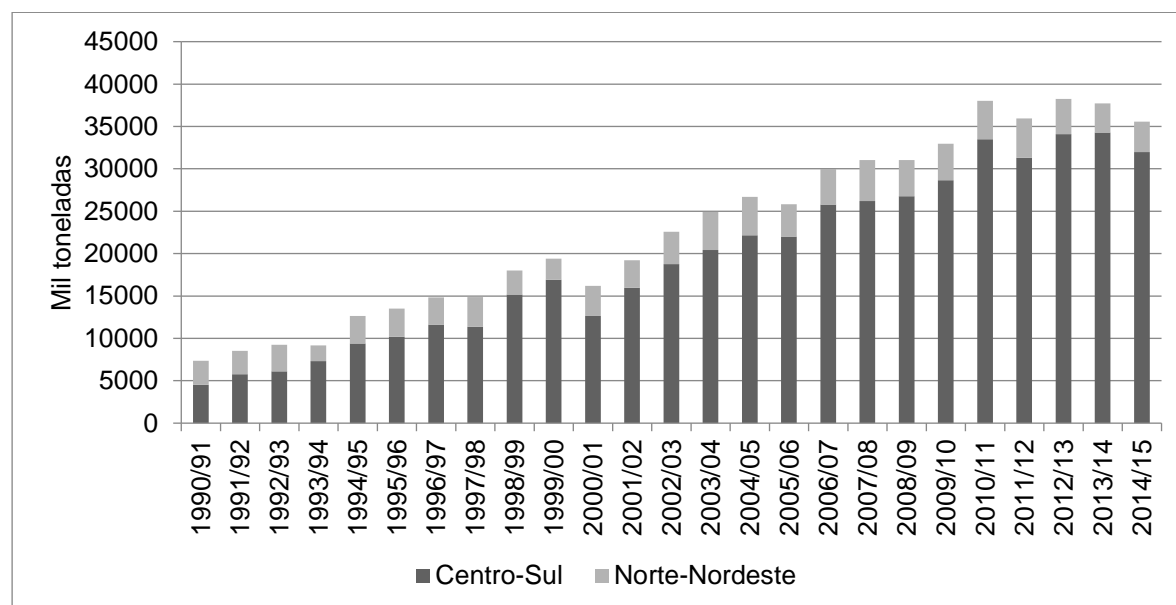
torna o país o principal exportador de açúcar no mercado asiático (NEVES e CONEJERO, 2010). Para Neves e Conejero (2010), a Tailândia pode competir com fretes mais baratos para a Ásia.

Esta breve análise dos principais países produtores e consumidores de açúcar evidenciam o potencial de crescimento do mercado mundial desta commodity. Percebe-se que países emergentes, como Índia, China e Rússia, são os principais mercados consumidores. O processo de urbanização, a elevação da renda das famílias são os principais fatores que explicam este crescimento, além das questões culturais para o consumo de açúcar.

O Brasil detém praticamente metade do comércio mundial desta commodity, sem contar com nenhum tipo de subsídio (MORAES e ZILBERMAN, 2014). Durante a safra 2014/2015 foram produzidos 35,548 milhões de toneladas de açúcar no Brasil (UNICA, 2016). O Centro-Sul teve um peso relativo superior (90%) à região Norte-Nordeste (10%), sendo São Paulo (61,6% do total) o principal estado produtor.

O Gráfico 1 demonstra o crescimento gradativo da produção de açúcar no Brasil no período de 1990 a 2014.

Gráfico 1 – Produção de açúcar no Brasil



Fonte: UNICA (2016)

O açúcar produzido pode ser comercializado no mercado interno ou mercado externo. Contudo, o mercado externo é responsável pela maior parcela das negociações comerciais. Em 2015, o Brasil exportou 24 milhões de toneladas de açúcar, o que corresponde US\$ 7,64 bilhões (MAPA, 2016).

Mais da metade das exportações de açúcar foi destinado para sete países. Dentre os principais destinos estão: China (13,1%), Bangladesh (13%), Argélia (8,6%), Índia (8%), Nigéria (5,3%), Rússia (5,2%) e Malásia (5,2%). O restante foi exportado para mais de 100 países, dentre eles Estados Unidos e membros da União Europeia.

A região Centro-Sul foi responsável por 91,9% das exportações do açúcar em 2015, o que representa cerca de 17,39 milhões de toneladas. O Estado de São Paulo é o maior responsável pelas transações internacionais. O estado exportou 10,82 milhões de toneladas, o que corresponde a mais da metade (57,2%) do açúcar exportado no Brasil em 2015.

3. Aspectos metodológicos

O teste de hipóteses, dentre outras possibilidades, verifica se a média de uma mesma variável difere entre dois grupos distintos (HILL et al., 2010). Adotou-se este teste para analisar a diferença de média da curva de produção do açúcar no Brasil, em diferentes fases, do período de 1980 a 2015. O teste avalia se existe diferença estatística entre as médias de produção do produto, após uma mudança institucional que possa ter impactado o crescimento no setor sucroalcooleiro. São três as mudanças institucionais que podem ter impactado a produção do açúcar no Brasil:

Desenvolvimento do açúcar tipo Very High Polarization (VHP) (1993/1994).

Hipótese 1: defende-se que, após a criação deste tipo de açúcar, o escoamento da produção se deu de modo mais eficaz e eficiente. Este fato motivou mudanças no sistema logístico do açúcar para exportação, sobretudo, no que tange as questões logísticas (COSTA, 2007).

Desregulamentação do setor sucroalcooleiro (1999/2000).

Hipótese 2: Assumpção (2001) e Moraes e Zilberman (2014) defendem que a desregulamentação do setor exigiu maior racionalidade das usinas, tanto na área agrícola, como na industrial na produção do açúcar. As novas regras exigiram maior eficiência nas transações no mercado do açúcar, elevando o nível de concorrência entre as firmas.

Queda nos subsídios internacionais do açúcar (2003/2004).

Hipótese 3: em 2004, a OMC entendeu que os produtores europeus de açúcar recebiam subsídios e conseguiam exportar seu produto a preços mais baixos do que os custos de produção. Por este motivo, a OMC decidiu pelo término deste benefício. Defende-se que a queda dos subsídios internacionais tenha impactado positivamente a produção brasileira, conforme apontam Costa e Burnsquist (2006).

O teste de hipótese irá comparar a diferença entre a média de produção antes e após uma destas mudanças institucionais consideradas. Para isso, a curva de produção é dividida em dois grupos. Entende-se como Grupo 1 o período anterior à mudança institucional. O Grupo 2 corresponde ao período após a mudança. O teste analisará a diferença entre as médias dos grupos nos diferentes períodos.

O teste de hipóteses compara uma hipótese inicial (nula) com outra hipótese chamada alternativa. Dito de outra forma, para cada hipótese nula (H_0) existe uma hipótese alternativa (H_a), que prevalecerá no caso de rejeitarmos a hipótese inicial. Hoffmann (2006) afirma que a hipótese alternativa é flexível e depende, até certo ponto, da interpretação dos dados segundo a literatura vigente. Esta interpretação decorre da necessidade de aceitar ou rejeitar a hipótese de nulidade.

Segundo Hoffmann (2006), dada uma hipótese de nulidade, define-se como erro Tipo I o erro que consiste em rejeitar o H_0 , dado que H_0 é verdadeira. Define-se como erro Tipo II o erro que consiste em não rejeitar H_0 , dado que H_0 é falsa. A hipótese de nulidade quando dada em termos quantitativos é, necessariamente, uma igualdade. Para Hill et al. (2010), a hipótese de nulidade representa uma crença que se mantém até que a evidência amostral nos convença de que ela não é verdadeira, nesse caso, então, rejeitamos a hipótese nula.

Neste estudo, a hipótese nula determina que a média de produção para o período anterior à mudança institucional (μ_1) é igual a média do período posterior (μ_2). Portanto, a hipótese de nulidade indica que, embora tenha ocorrido uma mudança institucional, isto não afetou a produção do açúcar ao longo do tempo. Por outro lado, a hipótese alternativa defende que a média de produção antes da mudança institucional (μ_1) é diferente da média após esta mudança (μ_2).

Portanto, o teste de hipóteses elaborado neste estudo procura que a hipótese nula seja rejeitada em favor da hipótese alternativa, ou seja, não incorrendo no erro do Tipo II, conforme Hoffmann (2006).

A significância estatística do teste indicará que uma mudança institucional afetou a curva de produção do açúcar no Brasil.

De forma genérica, as hipóteses podem ser indicadas da seguinte forma:

$$\begin{aligned} H_o : \mu_1 &= \mu_2 \\ H_a : \mu_1 &\neq \mu_2 \end{aligned} \quad (1)$$

Além das três mudanças institucionais para a produção brasileira do açúcar, a análise destas hipóteses considera, o efeito em regiões distintas. Para isso, analisa-se o efeito das mudanças para o Brasil, para as regiões Centro-Sul e Norte-Nordeste, além do Estado de São Paulo.

Para o teste de hipótese de uma única variável será utilizado o teste t. Este teste avalia a significância estatística da diferença entre duas médias de amostras independentes para uma única variável. Segundo Hill et al. (2010), com base no valor de uma estatística de teste, que é, ela própria, uma variável aleatória, é possível decidir rejeitar ou não a hipótese nula.

A estatística t é definida neste caso como a razão da diferença entre as médias da amostra ($\mu_1 - \mu_2$) e seu erro padrão. O erro padrão é a estimativa da diferença entre as médias a ser esperada por conta de erro amostral. Se a diferença real entre as médias de grupos é suficientemente maior do que o erro padrão, então podemos concluir que essas diferenças são estatisticamente significantes. Este cálculo pode ser expresso pela seguinte expressão:

$$t = \frac{\mu_1 - \mu_2}{S_{\mu_1\mu_2}} \quad (2)$$

Onde:

$$\mu_1 = \text{médida do grupo 1}$$

$$\mu_2 = \text{médida do grupo 2}$$

$$S_{\mu_1\mu_2} = \text{erro padrão da diferença em médias de grupos}$$

Para determinar a significância do teste t, compara-se o resultado da expressão 2 com o valor crítico da estatística t (t_{crit}). Especifica-se um nível de erro Tipo II (denotado como beta, β , ou nível de significância), que indica o nível de probabilidade. O valor crítico é determinado

referente à distribuição t com $N_1 + N_2 - 2$ graus de liberdade e um β especificado, N_1 onde e N_2 são tamanhos de amostras para cada grupo.

Segundo Hill et al. (2010), se o valor absoluto da estatística t calculada exceder o t_{crit} , o pesquisador pode concluir que os dois grupos revelam diferenças em médias de grupos na medida dependente, ou seja, $\mu_1 \neq \mu_2$, com a probabilidade de erro Tipo II de β .

A estatística t é amplamente usada por funcionar com amostras de tamanhos pequenos. Porém, Hair et al. (2009) indicam que este tipo de teste apresenta duas limitações. Em primeiro lugar, o teste acomoda somente dois grupos para análise. Em segundo, ele pode avaliar apenas uma variável independente por vez.

Contudo, as limitações apontadas por Hair et al. (2009) não influem na análise proposta no presente trabalho. Isto porque a proposta do teste de hipóteses analisará apenas a curva de produção do açúcar, isto é, uma única variável.

Vale ressaltar que se o teste t indicar que existe diferença entre as médias de produção de açúcar ao longo do tempo, há indícios de que a inclinação da curva de produção também possa ter sofrido alterações após cada mudança institucional. Este resultado gera novos indícios para o pressuposto definido na próxima sessão, que trata do modelo econométrico.

3.1. Modelo econométrico

O teste de hipóteses proposto na sessão anterior, após indicar significância estatística, comprova que há diferença entre a média de produção de períodos distintos na curva de produção. Qual seja, as mudanças institucionais influenciam a média de produção do açúcar ao longo do tempo. Este fato abre espaço para uma nova hipótese:

Hipótese 4: as mudanças institucionais influenciam a inclinação da curva de produção do açúcar. Defende-se, portanto, que a inclinação se altera ao longo do tempo. Sob esta condição, retoma-se o que Penrose (1959) defende: para que as empresas se mantenham competitivas em ambiente de crescimento, elas devem promover a reorganização de seus recursos.

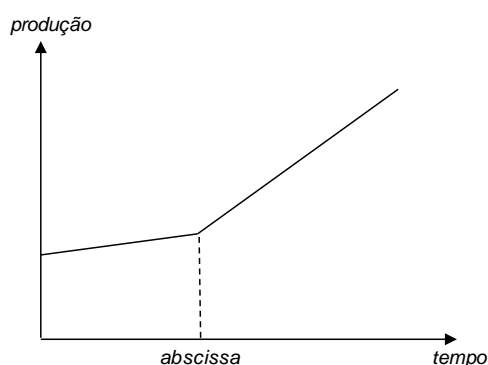
Com o intuito de buscar estimativas que comprovem a Hipótese 4, este estudo propõe a formulação de um modelo econométrico que analise a relação entre a produção de açúcar e o

tempo, considerando as mudanças institucionais. A partir deste modelo, o quarto capítulo desta dissertação fará uma reflexão de como a empresa do estudo de caso reorganizou seus recursos.

Optou-se pela análise de regressão linear múltipla, pois, conforme afirma Wooldridge (2010, p. 64), esta técnica é mais receptiva à análise *ceteris paribus*, o que permite controlar explicitamente outros fatores que, de maneira, simultânea afetam a variável dependente.

A regressão múltipla permite verificar se o crescimento médio da produção de açúcar se altera após uma mudança institucional. O modelo proposto possui relação log-linear com ajuste poligonal, cuja abcissa é o ano em que ocorreu a mudança institucional apontada na sessão anterior. A Figura 1 ilustra a relação entre as variáveis analisadas.

Figura 1 – Relação linear com ajuste poligonal para produção e tempo



Estima-se uma equação onde a variável dependente é o logaritmo da produção de açúcar para cada ano analisado e o tempo constitui uma variável do tipo binária de caráter explanatório, utilizada para captar a mudança na inclinação entre segmentos consecutivos da poligonal (HOFFMANN, 2006, p. 219). O logaritmo da produção de açúcar ($Y_{produção}$) será a variável dependente. Desta forma, o modelo geral de regressão utilizado é:

$$\log(Y_{produção}) = \alpha + \beta X_j + \gamma_h Z_{hj} (X_j - \theta_h) + \varepsilon_j \quad (3)$$

Onde α , β e γ são parâmetros e ε_j é um erro aleatório, heterocedástico, que representa os efeitos de todas as variáveis que não foram consideradas nos modelos, obedecendo as propriedades estatísticas usuais. A variável binária explanatória (tempo = Z_j) é medida em anos e será estimada na equação, considerando a relação entre a trajetória temporal e a produção como função de poligonal. Assim, é possível captar o aumento da taxa de retorno a partir da

mudança institucional proposta. Sendo assim, o modelo inclui a variável $X = Z_j(X_j - \theta)$, em que θ é a abscissa do vértice, ou seja, é o ano a partir do qual a taxa de retorno torna-se maior, e Z_j é uma variável binária tal que:

$$Z_j = 0 \text{ para } X_j \leq \theta$$

e

$$Z_j = 1 \text{ para } X_j > \theta$$

Pode-se verificar que γ é a mudança na inclinação do segmento da poligonal, em relação à inclinação do segmento anterior.

A inferência estatística do modelo econométrico ocorrerá, conforme indica Wooldridge (2010), por meio de dois testes estatísticos distintos. O teste t avaliará a significância de um único parâmetro, partindo da hipótese de nulidade em relação à uma hipótese alternativa. A H_0 defenderá que o parâmetro analisado é igual a zero e a H_a indica que o parâmetro é diferente de zero. Generalizando, temos:

$$\begin{aligned} H_o &: \gamma = 0 \\ H_a &: \gamma \neq 0 \end{aligned} \quad (4)$$

Como inferência estatística do modelo, o $t_{calculado}$ deverá ser maior do que o $t_{crítico}$, apontado por um teste bicaudal, para que se possa afirmar a significância estatística deste parâmetro γ . Este teste comprova se a mudança na curva de produção de açúcar é estatisticamente significativa.

Este estudo propõe três modelos para análise. Cada modelo considera um vértice diferente para o ajuste da abscissa, levando em consideração o período que ocorreu a mudança institucional. A Tabela 1 mostra cada modelo econométrico proposto.

Tabela 1 – Definição dos modelos estimados com ajuste poligonal

Modelo	Mudança Institucional	Ano	Vértice
Modelo 1	Desenvolvimento açúcar <i>Very High Polarization</i>	1993/1994	15° ano
Modelo 2	Desregulamentação do setor sucroalcooleiro	1998/1999	20° ano
Modelo 3	Término dos subsídios internacionais do açúcar	2003/2004	25° ano

Fonte: Elaborado pelo autor

4. Resultado e discussão

Os dados demonstram que o crescimento da produção de açúcar tem se sustentado no Brasil (MORAES e ZILBERMAN, 2014). Tomando o ano de 1980 como base igual a 100, verifica-se que o crescimento acumulado na produção de açúcar até 2015 foi maior na Região Centro-Sul (608,92%), seguida pelo Estado de São Paulo (552,11%), Brasil (430,65%) e Norte-Nordeste (118,63%). A taxa média de crescimento da produção do açúcar no Brasil, entre 1980 e 2015, foi de 4,26% a.a. O Centro-Sul (5,3%) e o Estado de São Paulo (5%) apresentaram média anual superiores à média nacional e da região Norte-Nordeste (0,49%).

O teste de diferença entre médias demonstrou que houve mudança na média de produção após o desenvolvimento do açúcar VHP para todas as regiões analisadas. Embora todos os testes apresentem significância estatística ao nível de 1%, o resultado foi maior para o Estado de São Paulo (8,09), Centro-Sul (7,67) e Brasil (7,46) do que para o Norte-Nordeste (2,95).

O resultado do teste ($t_{calculado}$) pode ser melhor compreendido, comparando-o com a taxa de crescimento médio. Ao analisar a taxa média de crescimento anual da produção do açúcar, nas regiões em que o teste apresentou maior coeficiente, a taxa média de crescimento também foi maior. Por exemplo, para o Estado de São Paulo ($t_{calculado} = 8,09$), enquanto no período anterior à criação do Açúcar VHP a taxa de crescimento foi de 3% a.a., o período posterior apresentou uma taxa média de 7% a.a. Por outro lado, na região Norte-Nordeste, embora a taxa de crescimento tenha passado de um patamar negativo (-3% a.a.) para outro positivo (3% a.a.), o nível de crescimento foi inferior ao das demais regiões, o que culminou em um coeficiente menor no teste de hipótese (2,95).

Em 1999/2000, referente a Hipótese 2, o setor sucroalcooleiro sofreu desregulamentação estatal. É sabido que a reorganização setorial exigiu um reordenamento da estratégia empresarial. O teste de hipótese aponta que, após a desregulamentação houve mudança na média de produção de açúcar. Novamente, a mudança institucional teve maior efeito sobre o Centro-Sul (9,89), Brasil (8,9) e São Paulo (8,83) do que para o Norte-Nordeste (3,84). As taxas de crescimento demonstram que a região Norte-Nordeste passou de um cenário de decréscimo (-2% a.a.) para um cenário de estagnação. Por outro lado, o restante do país apresentou taxas médias de crescimento positivas para a produção do açúcar. Isto explica a diferença na grandeza dos coeficientes encontrados no teste t . Vale ressaltar que todas as regiões apresentaram significância estatística ao nível de 1%.

Finalmente, analisando a Hipótese 3, a queda dos subsídios ao açúcar em países desenvolvidos se mostrou como um novo ponto de interferência na produção do açúcar brasileiro. Isto porque, sem os subsídios, a produção de açúcar em países europeus se tornou inviável, abrindo espaço para o aumento da participação de outros produtores no mercado internacional (COSTA e BURNSQUIST, 2006).

Neste caso, o teste de hipóteses mostrou significância ao nível de 1% para todas as regiões. Contudo, a região Norte-Nordeste que, novamente, apresentou taxa média decrescente (-2% a.a.) após a mudança institucional, foi a que teve menor coeficiente do teste t (3,8). A Tabela 2 resume os dados encontrados no teste de hipóteses.

Tabela 2 – Resultados do teste de hipóteses para a produção do açúcar

Mudança institucional	Ano-Safra	Região	Taxa média de crescimento (%)		Gl	Stat t	Valor-p
			Antes	Depois			
Criação do Açúcar Very High Polarization	1993/1994	Brasil	1	7	26	7,46	0,001
		Centro-Sul	2	8		7,67	0,001
		Norte-Nordeste	-3	3		2,95	0,01
		São Paulo	3	7		8,09	0,001
Desregulamentação do setor	1999/2000	Brasil	6	5	28	8,90	0,001
		Centro-Sul	9	6		9,89	0,001
		Norte-Nordeste	-2	0		3,84	0,001
		São Paulo	9	6		8,83	0,001
Queda dos subsídios internacionais	2003/2004	Brasil	10	3	20	8,42	0,001
		Centro-Sul	10	3		8,19	0,001
		Norte-Nordeste	8	-2		3,80	0,002
		São Paulo	9	3		8,47	0,001

Fonte: Elaborado pelos autores, com base nos dados da UNICA (2016)

Este teste comprova que a mudança institucional afetou a produção do açúcar. No entanto, não mensura o crescimento na produção da commodity. Em busca desta resposta, a próxima seção apresenta os modelos econométricos e suas estimativas de crescimento médio em cada um dos períodos analisados.

Os três modelos econométricos foram ajustados para estimar o efeito das mudanças institucionais sobre a produção de açúcar no Brasil.

O primeiro modelo, estimou o efeito do desenvolvimento do açúcar VHP sobre a produção açúcar. O resultado do modelo sugere que, antes do advento deste tipo de açúcar, o crescimento da produção no primeiro período analisado (1980 a 1993), em média, foi de 19,9%. Para o período após a inovação do açúcar, a produção passa a crescer, em média, 23,1%. Vale destacar que os parâmetros apresentaram significância estatística (1%). Além disso, o modelo apresentou significância ao nível de 1%, com coeficiente de determinação de 98%.

O segundo modelo estimou um crescimento médio de 30,5% no período entre 1980 a 1999 (antes da desregulamentação do setor). Para o período posterior (2000 a 2015) o crescimento da produção de açúcar foi de 33,6%, ou seja, pós desregulamentação, em média, produziu-se 2,3% a mais de açúcar que no primeiro. Novamente, os parâmetros e o modelo apresentaram significância estatística ao nível de 1%, com coeficiente de determinação de 87,5%.

Por fim, o terceiro modelo estimou o efeito da queda dos subsídios internacionais sobre a produção brasileira de açúcar. No período de 1980 a 2004, a produção de açúcar cresceu em média 43,9%. Após a mudança (2005 a 2015) a produção aumentou 2,38% ao do período anterior, estimando-se um crescimento médio de 46,3%, para este período. Contudo, o parâmetro que ajusta a poligonal do modelo não apresentou significância estatística. Isto pode ter decorrido do baixo número de observações do modelo após a mudança institucional.

Embora os modelos tenham apresentado significância estatística e alto grau de explicabilidade, sabe-se que outros fatores impactam a produção do açúcar.

Neste estudo, outras variáveis não foram consideradas devido à dificuldade de encontrar dados históricos desde o início da série analisada. Sugere-se que estudos futuros busquem novas fontes de dados, a fim de apresentar o efeito da mudança institucional considerando, por exemplo, fatores como o crescimento da economia do país, câmbio, clima e outros.

Sugere-se ainda replicar este estudo no futuro, incorporando os próximos anos. Isto poderá tornar o parâmetro que estima a poligonal do terceiro modelo significativo, devido ao aumento do tamanho da amostra.

A importância dos modelos estimados foi de comprovar que as mudanças institucionais alteraram a inclinação da curva de produção do açúcar no Brasil ao longo do tempo. Neste cenário de crescimento setorial, cabe a discussão de como algumas empresas do setor se sobressaem frente as suas concorrentes. O próximo capítulo apresenta a trajetória do Grupo Cosan durante este período. A Tabela 3 resume os resultados encontrados para os modelos.

Tabela 3 – Resultados do teste de hipóteses para a produção do açúcar

Variável	Modelo 1				Modelo 2				Modelo 3			
	Coef.	Dif.% ¹	Teste t	Prob. t	Coef.	Dif.% ¹	Teste t	Prob. t	Coef.	Dif.% ¹	Teste t	Prob. t
Constante	3,921	-	405,332	5,98585E-61	3,985	-	187,942	2,841E-50	4,052	-	135,651	9,53E-46
Binária (D)	0,182	19,954	9,566	6,64198E-11	0,267	30,553	5,039	1,77318E-05	0,364	43,895	3,667	0,000883402
Poligonal (Z) (²)	0,025	23,041	19,482	2,59385E-19	0,023	33,622	4,635	5,72106E-05	0,016	46,276	1,176	0,248084427
R^2	98,08				87,52				68,72			
Teste F (³)	872,56				120,23				38,35			
Número de observações	35				35				35			

¹ Valores obtidos calculando o crescimento percentual da produção: $100[\exp(\beta) - 1]$.

² Crescimento percentual do açúcar em relação a um ano adicional de produção. Abscissa mede o retorno da produção de açúcar depois que esta ultrapassa o ano safra 1993/1994 para o Modelo 1, ano-safra 1998/1999 para o Modelo 2 e 2003/2004 no Modelo 3.

Obtém-se o coeficiente calculando, $100[\exp(\beta + \gamma) - 1]$

³ Os valores de F são estatisticamente significativos ao nível de 1%.

Fonte: Elaborado pelo autor, com base nos dados da UNICA (2016)

5. Considerações Finais

Este artigo apresentou brevemente o mercado de açúcar no Brasil e no mundo. A curva de produção do açúcar foi analisada a partir de três mudanças institucionais, a saber: o advento do açúcar *Very High Polarization* - VHP, a desregulamentação do setor e, por fim, a queda dos subsídios aos produtores de açúcar na Europa. Os dados demonstram que há crescimento sustentado do produto, em especial, para a região Centro-Sul e Estado de São Paulo. O teste de hipótese comprovou que as mudanças institucionais analisadas influenciaram a curva de produção. Contudo, o crescimento acentuado após o advento do açúcar VHP e pós-desregulamentação do setor não tem demonstrado o mesmo ritmo para o período após queda dos subsídios internacionais à *commodity*. No mesmo sentido, o modelo econométrico comprovou que as mudanças institucionais alteraram a inclinação da curva de produção de açúcar positivamente. Contudo, são necessários estudos mais aprofundados, que incluam outras variáveis explanatórias, além de uma série de dados com os próximos anos.

Referências Bibliográficas

- ASSUMPÇÃO, M.R.P. A Liga do Açúcar: integração da cadeia produtiva do açúcar à rede de suprimento da indústria de alimentos. 2001. 294 f. **Tese** (Doutorado) - Curso de Engenharia de Produção, Departamento de Engenharia de Produção, Poli/usp, São Paulo, 2001.
- COSTA, B. P. C. da. Aspectos Logísticos do Escoamento do Açúcar Paulista: trecho usina-porto de Santos; 2007; 0 f; **Dissertação** (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de São Carlos.
- COSTA, C.; BURNQUIST, H. O subsídio cruzado às exportações de açúcar da União Europeia: impacto sobre as exportações brasileiras de açúcar. **Economia Aplicada**, Ribeirão Preto, v. 10, n. 1, p. 91-109, jan.-mar, 2006.
- HILL, R.C.; JUDGE, G.G.; GRIFFITHS, W.E. **Econometria**. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2010. 471 p.
- HOFFMANN, R. **Análise de regressão**: uma introdução à Econometria. 4. ed. São Paulo: Hucitec, 2006. 378 p.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). **AGROSTAT** - Estatísticas de Comercio Exterior do Agronegócio Brasileiro. 2016. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/pages/AGROSTAT.html>>. Acesso em: 08 de Jan. 2016.
- MORAES, M.A.D.F. de; ZILBERMAN, D. **Production of Ethanol from Sugarcane in Brazil**: From State Intervention to a Free Market. USA: Springer International Publishing, 2014. 221 p. (43).
- NEVES, M. F.; CONEJETO, M. A. **Estratégias para a cana no Brasil**: um negócio classe mundial. São Paulo: Atlas, 2010. 288 p.
- UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA DE AÇÚCAR (UNICA). **Unicadata**. 2016. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/>>. Acesso em: 08 de Jan. 2016.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). **Sugar**: World Production Supply and Distribution. 2016. Disponível em: <<http://www.usda.gov/wps/portal/usda/usdahome>>. Acesso em: 09 de jan. 2016.